

JORNADA SOBRE TORMENTAS Y SU IMPACTO EN EL TRANSPORTE Y LA NAVEGACIÓN AÉREOS

Productos para la predicción de tormentas y su implantación en España

Alejandro Roa Alonso (aroaa@aemet.es)
Jefe del Área de Técnicas y Aplicaciones de Predicción

17 de noviembre de 2016
Salón de actos de AEMET

¿Qué entendemos por tormentas?

- En español, cuando hablamos de tormentas, implica que hay aparato eléctrico. (Equivale en inglés a “thunderstorm”, no simplemente a “storm”, que podría traducirse por “tempestad”)
- La actividad eléctrica es consecuencia de las fuertes corrientes ascendentes y descendentes dentro de las tormentas, que separan las cargas eléctricas de las moléculas del aire.
- Las descargas eléctricas pueden ser de nube a nube o de nube a tierra. Las descargas no son simples, sino ramificadas.
- Las descargas a tierra pueden ser positivas o negativas, según la relación de cargas entre nube y tierra.

Efectos de las tormentas

Además del aparato eléctrico que define a una tormenta, pueden darse otros fenómenos:

- **Lluvias intensas**, muy habitualmente, si bien hay tormentas secas, sin apenas precipitación.
- **Granizo**
- **Vientos fuertes** no tornádicos en superficie, originados por las corrientes descendentes.
- **Tornados y trombas marinas**, en determinadas circunstancias.

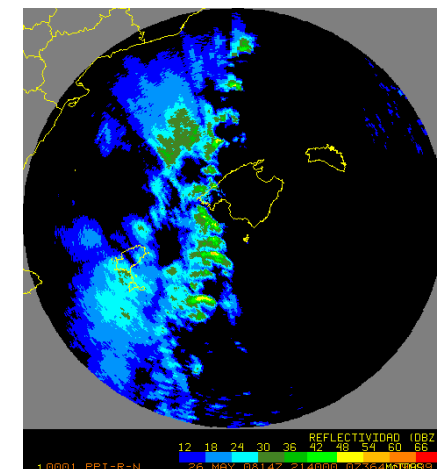
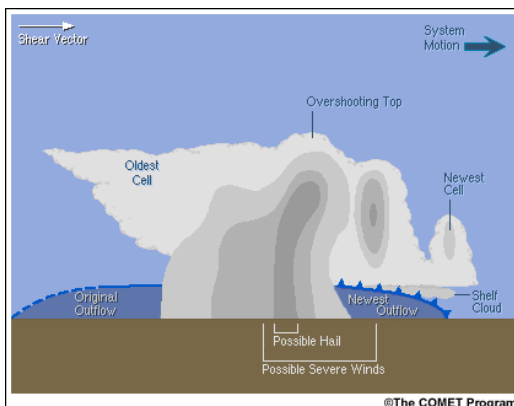
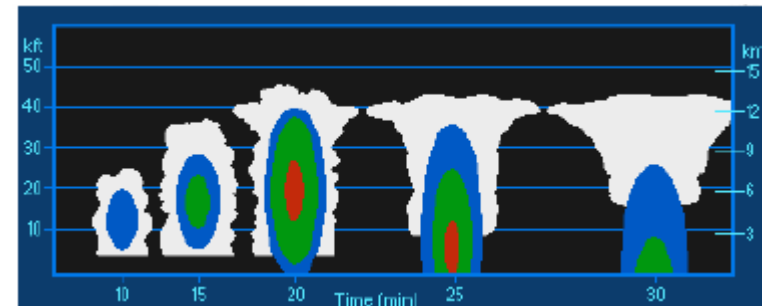
¿Qué entendemos por tormentas severas?

Según la definición empleada en AEMET, una tormenta es severa (del inglés “severe”) cuando se observa alguno de los siguientes efectos:

- Granizo de diámetro igual o superior a 2 cm
- Rachas de vientos iguales o mayores a 50 km/h
- Tornados

Clasificación de las tormentas

- Células ordinarias o simples (d)
- Multicélulas o tormentas multicelulares (a. i.)
- Supercélulas (a. c.)
- Sistemas convectivos de mesoescala (SCM) (a. d.)



Avisos para el público general (Meteoalerta)

1.1. TORMENTAS

NIVEL AMARILLO: Tormentas generalizadas con posibilidad de desarrollo de estructuras organizadas. Lluvias localmente fuertes y/o vientos localmente fuertes y/o granizo inferior a 2 cm. Dado el carácter de estos fenómenos existe la posibilidad de que se puedan producir tormentas de intensidad superior de forma puntual.

NIVEL NARANJA: Tormentas muy organizadas y generalizadas. Es posible que se puedan registrar lluvias localmente muy fuertes y/o vientos localmente muy fuertes y/o granizo superior a 2 cm. También es posible la aparición de tornados.

NIVEL ROJO: Tormentas altamente organizadas. La probabilidad de lluvias localmente torrenciales y/o de vientos localmente muy fuertes y/o granizo superior a 2 cm es muy elevada. Es probable la aparición de tornados.

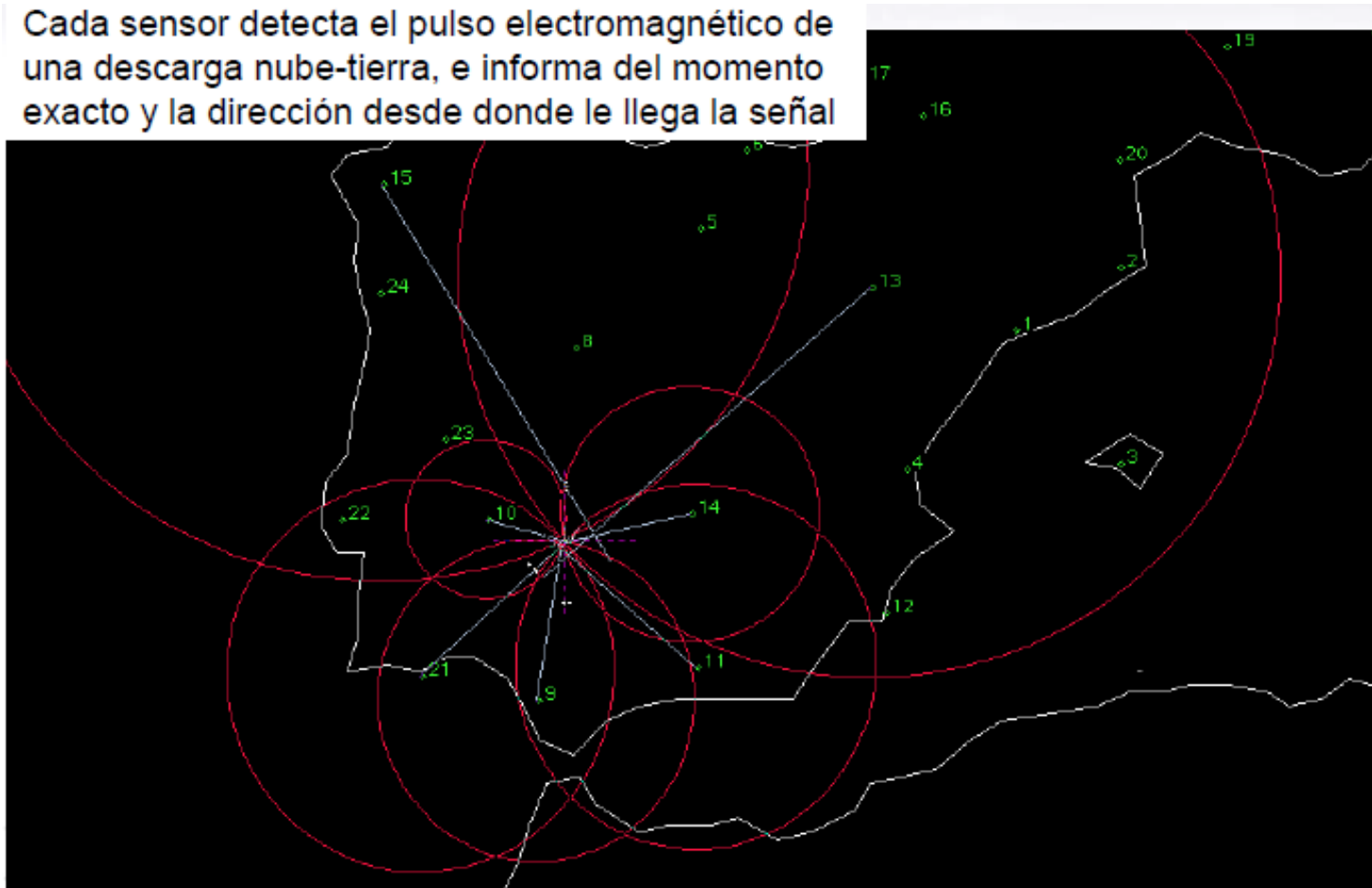


Detección de tormentas: red de detección de descargas



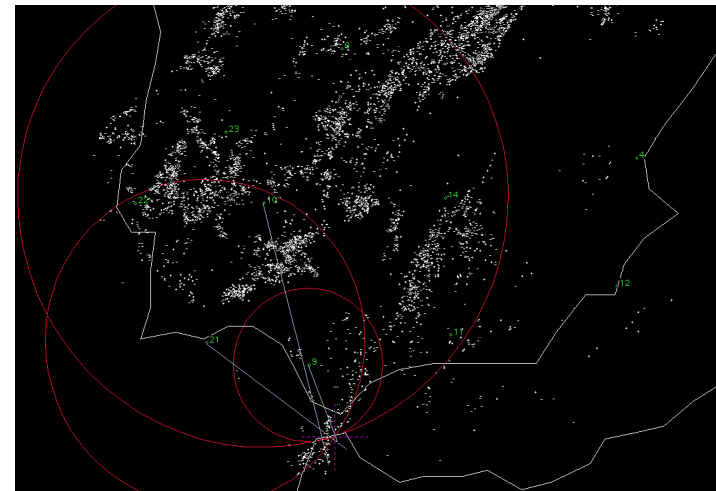
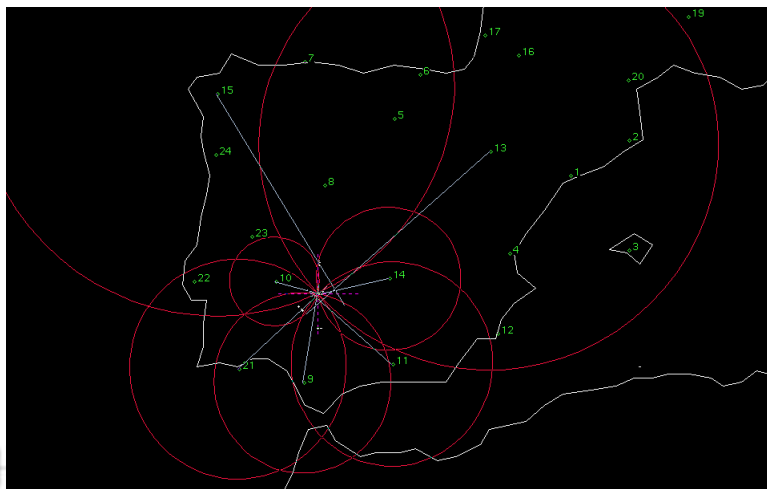
Detección de tormentas: red de detección de descargas

Cada sensor detecta el pulso electromagnético de una descarga nube-tierra, e informa del momento exacto y la dirección desde donde le llega la señal

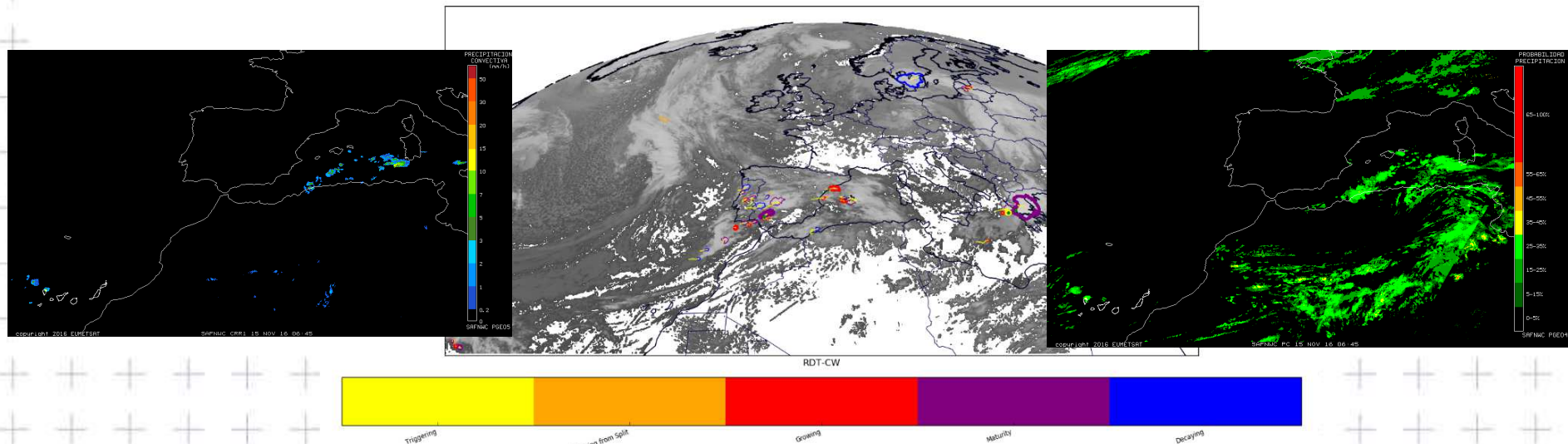
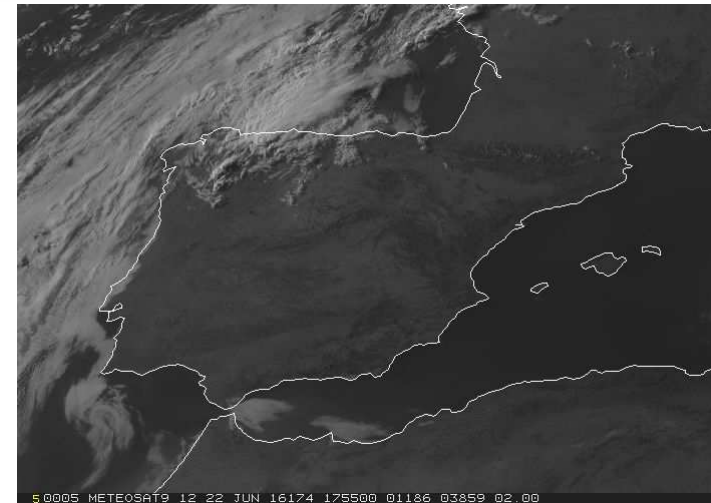
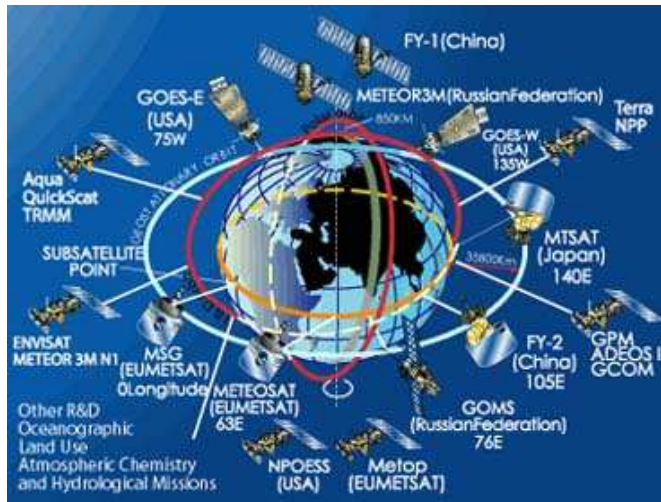


Detección de tormentas: red de detección de descargas

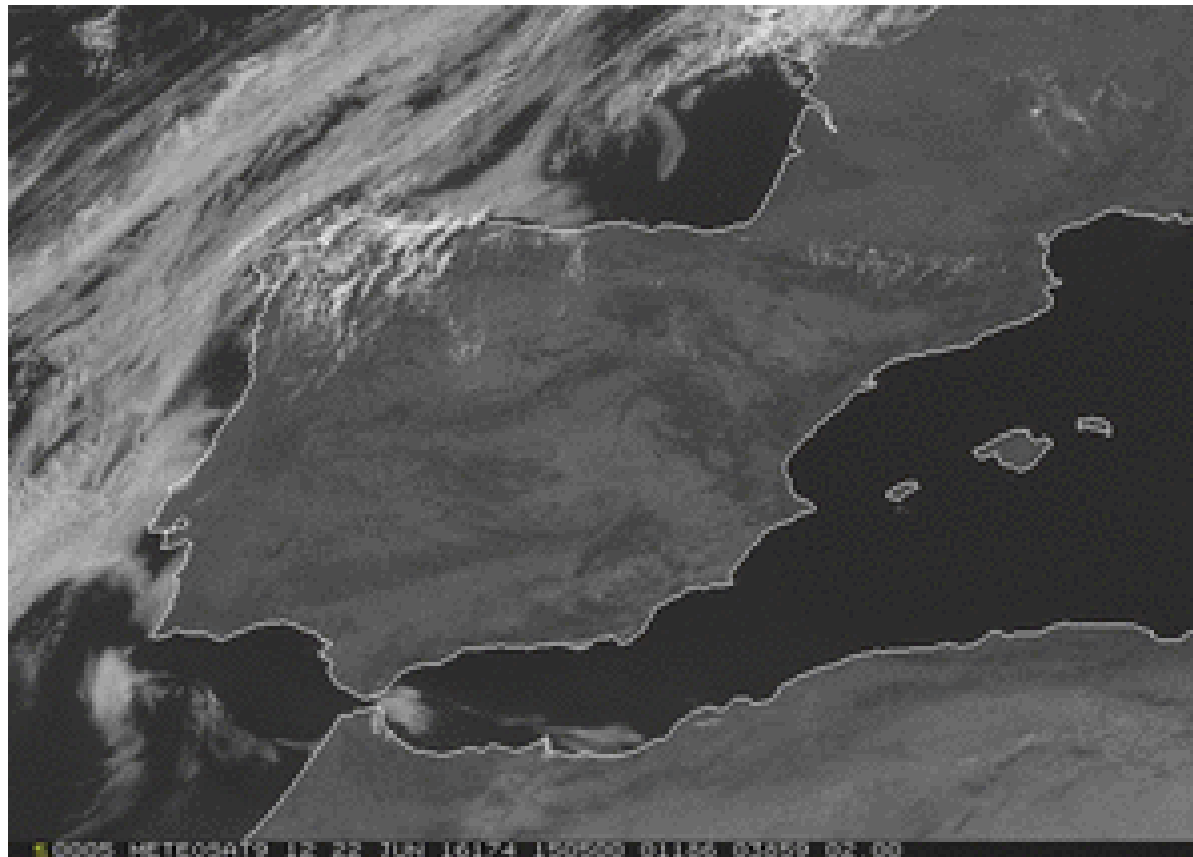
- **Eficiencia de la detección:** Se detectan aproximadamente el 90% de las descargas nube-tierra ocurridas realmente
- **Precisión de localización:** En condiciones óptimas, la precisión en la localización de una descarga es de 500 metros. Si es una zona con muchos detectores (izquierda) la calidad es mejor que si hay pocos (derecha). Las descargas débiles se detectan peor que las fuertes.



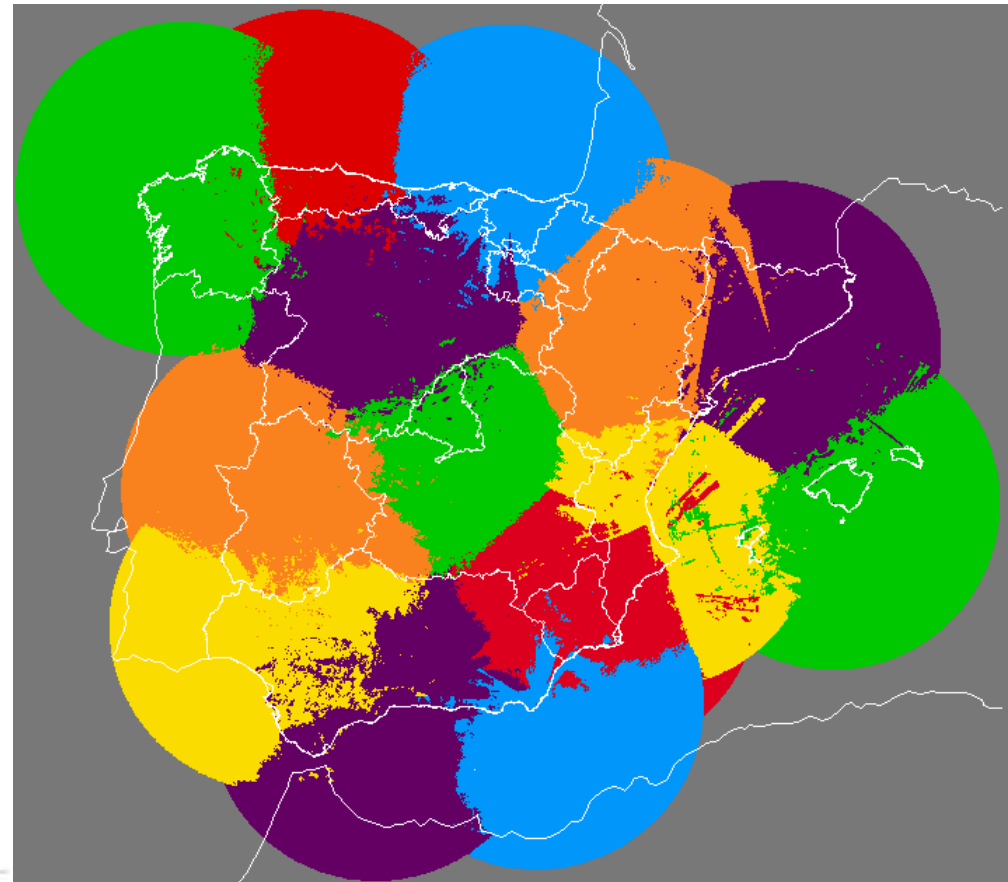
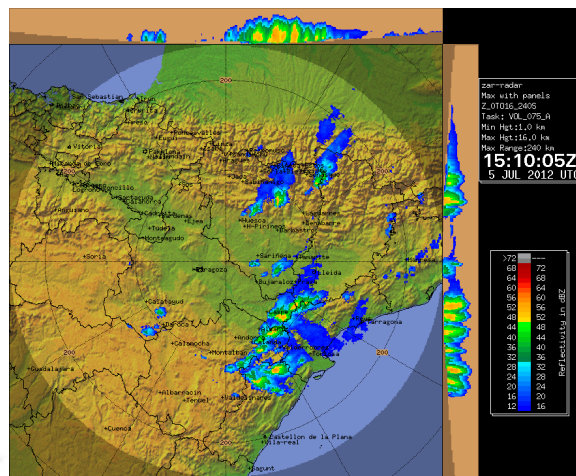
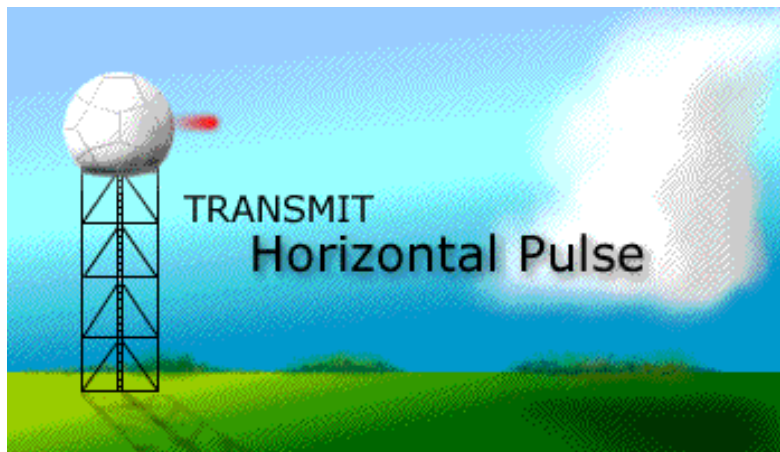
Detección de tormentas: satélite



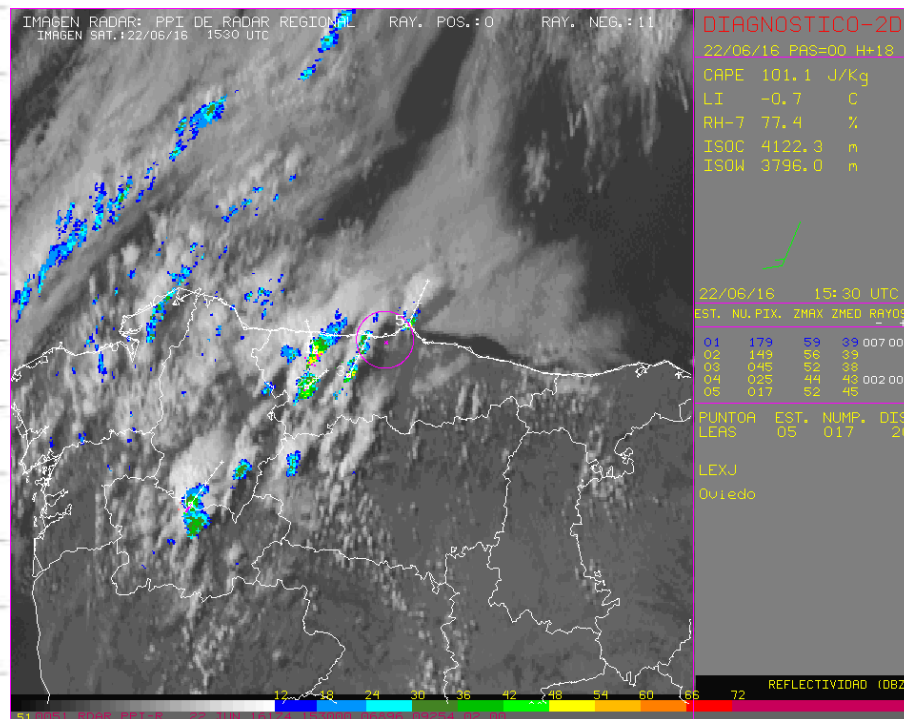
Detección de tormentas: satélite



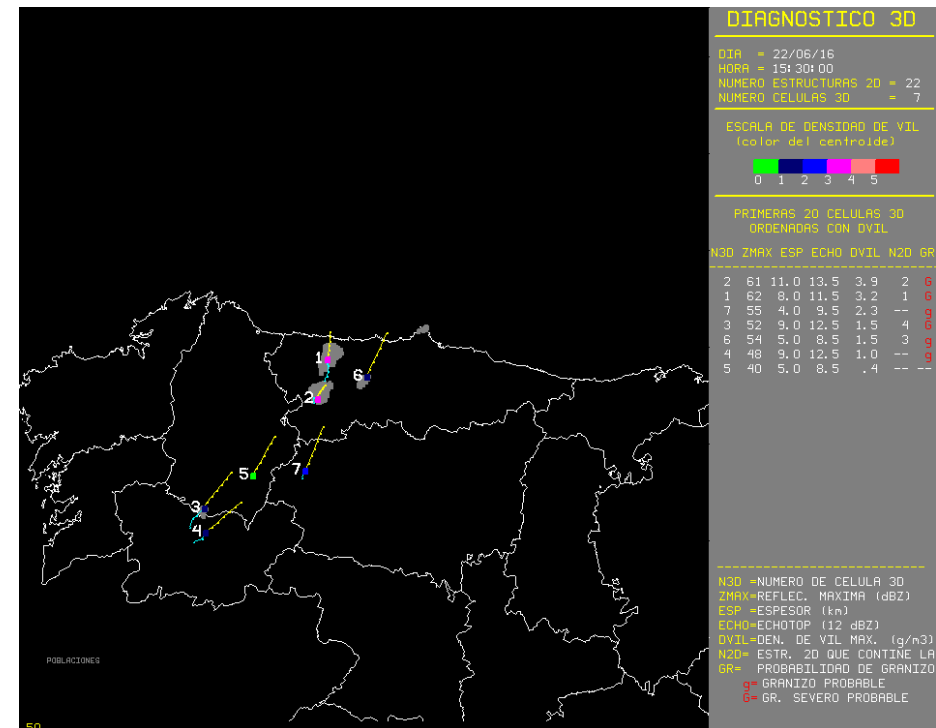
Detección de tormentas: red de radares



Detección de tormentas: radar + satélite + rayos

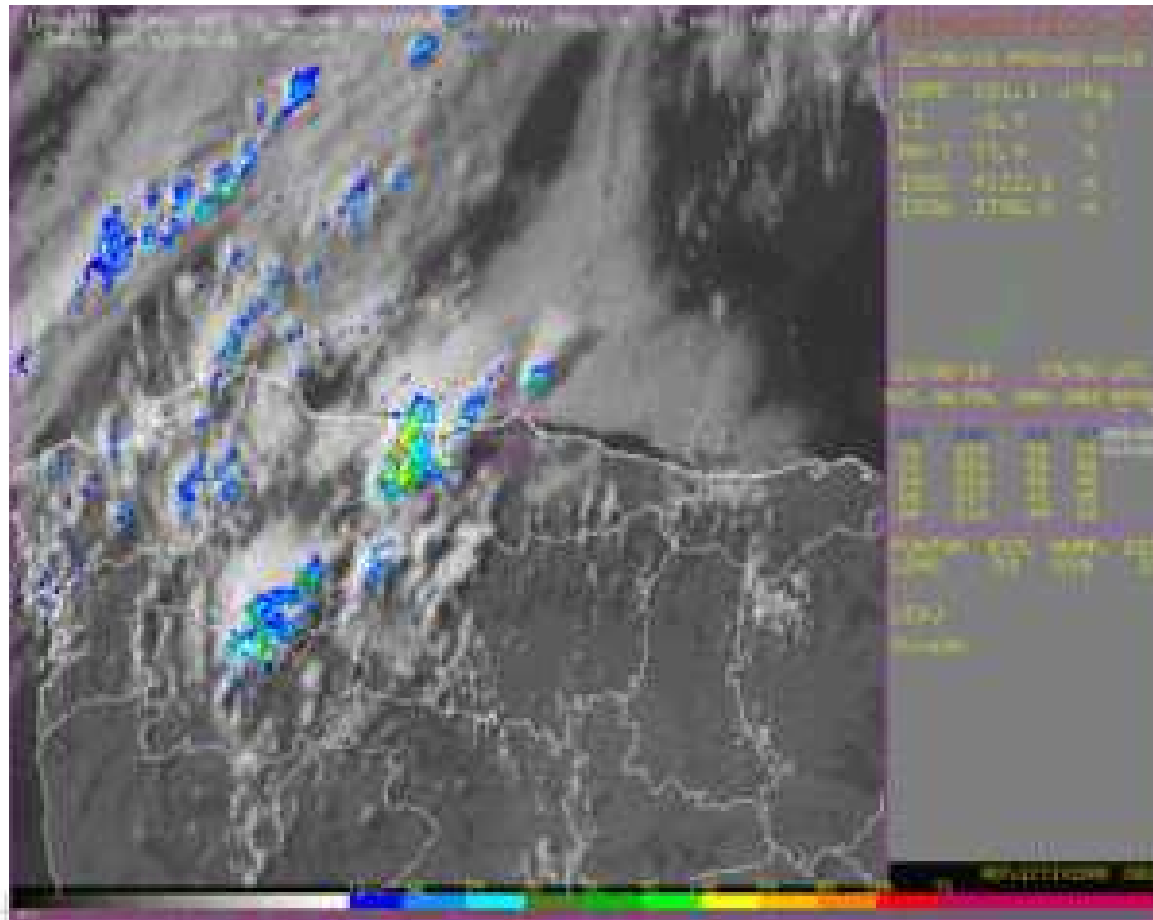


Diagnóstico convectivo 2D

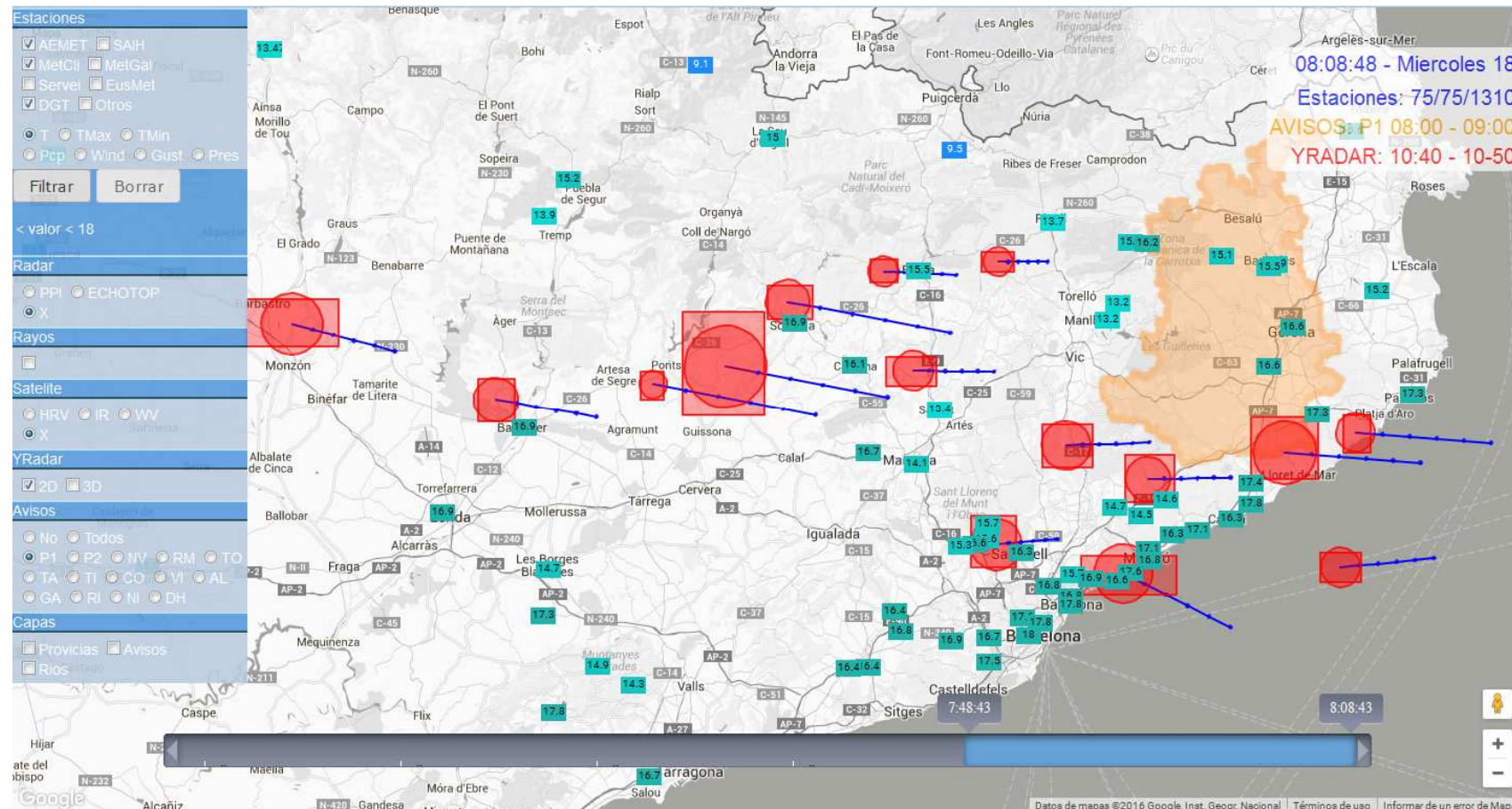


Diagnóstico convectivo 3D

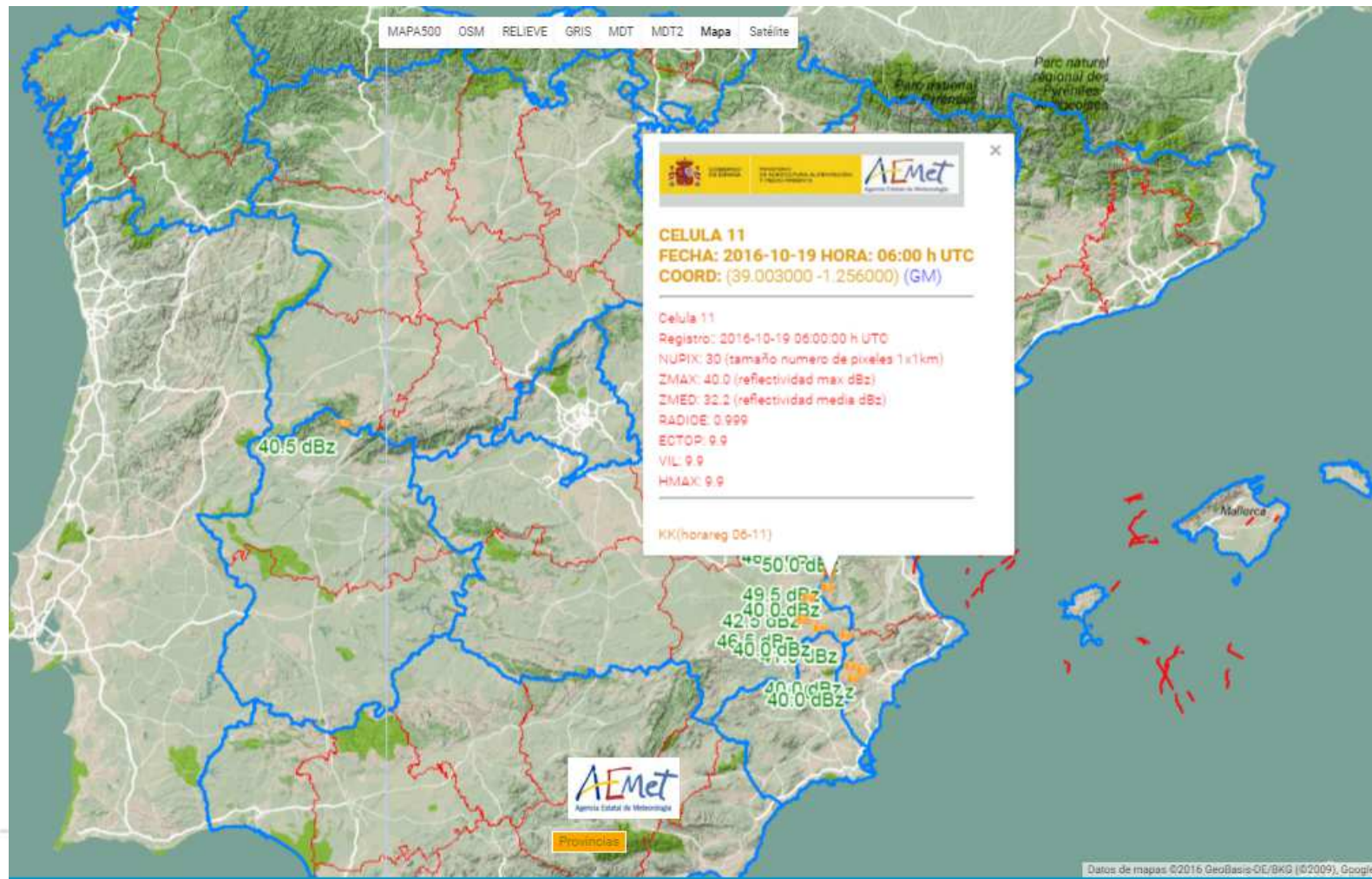
Detección de tormentas: satélite + radar + rayos



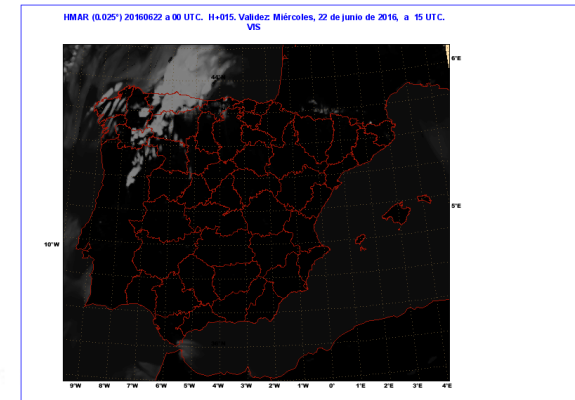
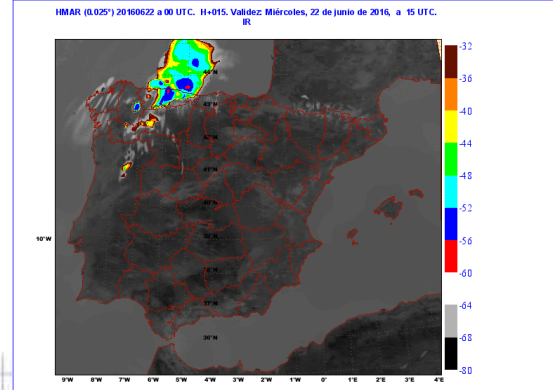
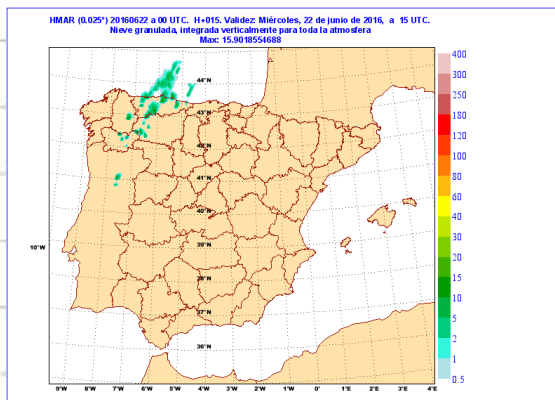
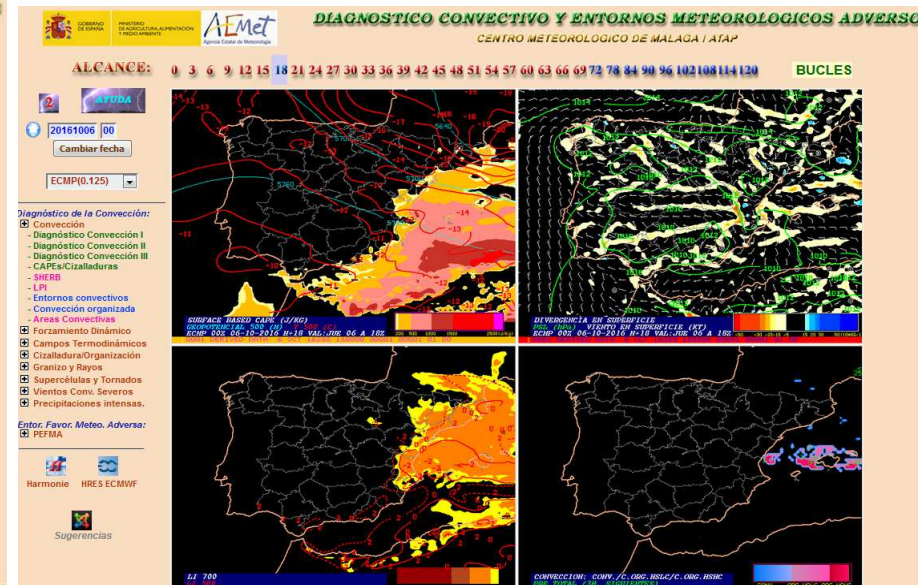
Detección de tormentas: seguimiento de las tormentas



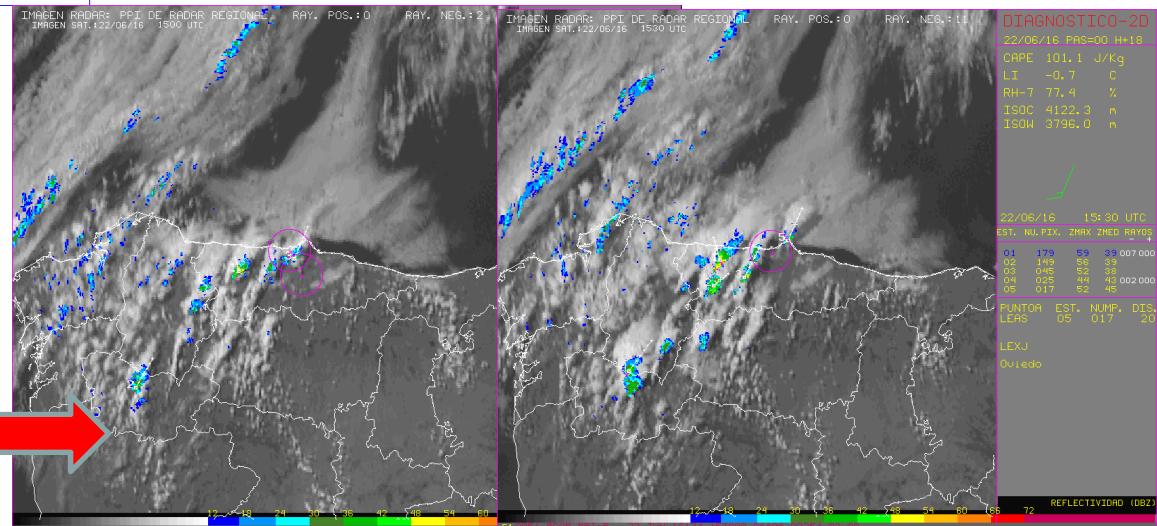
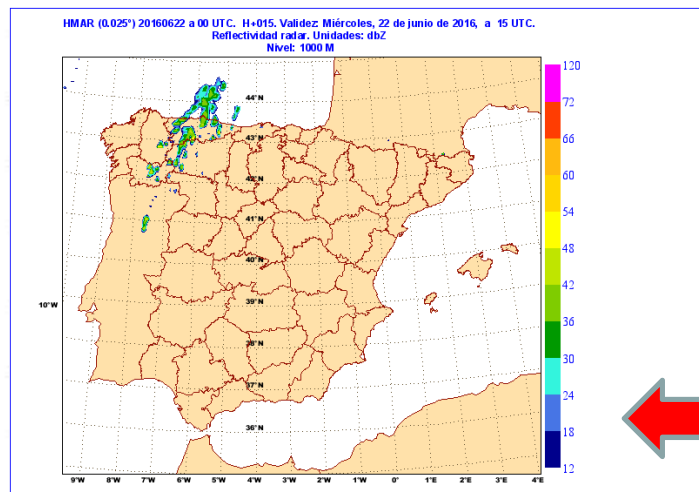
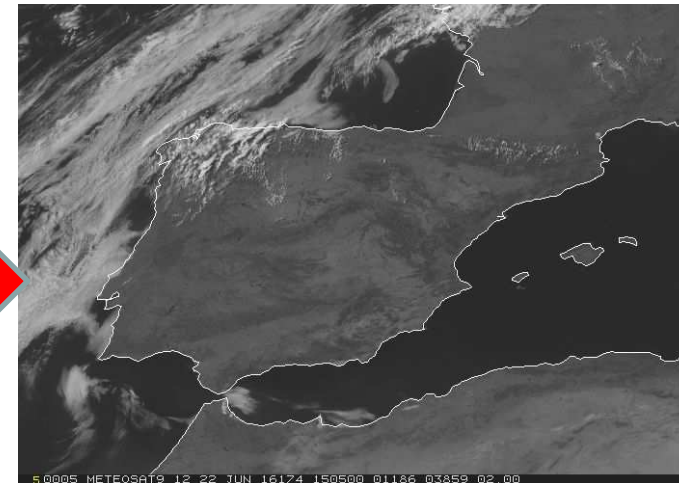
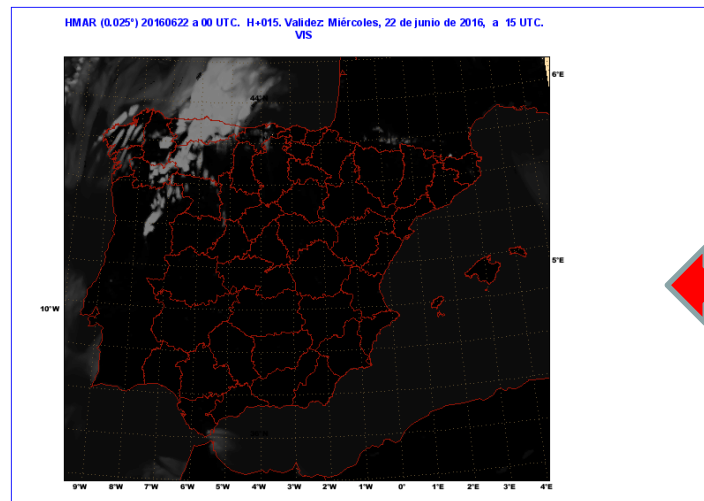
Detección de tormentas: seguimiento de las tormentas



Predicción de tormentas: salidas de modelos numéricos



Predicción de tormentas: modelos numéricos vs. teledetección



Productos de predicción de tormentas para la aeronáutica (Productos estándar según el Anexo 3 de la OACI)

- METAR, TREND
- TAF
- Avisos de aeródromo
- Avisos automáticos de tormentas y rayos
- SIGMET
- AIRMET
- GAMET
- SIGWX
- AIREP

Productos de aeródromo

Productos de área

Productos de predicción de tormentas de aeródromo

Fenómenos que dan lugar a la emisión de avisos de aeródromo (WWSP60)

Fenómeno	Plantilla
Velocidad media del viento con racha máxima	SFC WSPD nn[n]KT MAX nn[n]
Viento medio en superficie (dirección y velocidad) con racha máxima	SFC WIND nnn/nn[n]KT MAX nn[n]
Tormenta	[HVY] TS
Turbonada ⁽²⁾	SQ
Granizo	GR
Nieve (incluida acumulación de nieve prevista u observada) ⁽⁵⁾	[PROB30, PROB40, PROB70][HVY] SN [PROB30, PROB40, PROB70][HVY] SN [nnCM ó nnMM]
Precipitación engelante	[HVY] FZRA ó [HVY] FZDZ
Escarcha o cencellada blanca	RIME
Tempestad de arena	[HVY] SS
Tempestad de polvo	[HVY] DS
Arena o polvo levantados por el viento.	SA (arena), DU (polvo)
Helada ^(3 y 4)	[MOD, HVY] FROST ó [MOD, HVY] FROST [T MSnnC]
Precipitación ⁽⁶⁾ acumulada en 1 ó 12 horas	RAINFALL IN 1HR MORE THAN nnMM RAINFALL IN 12HR MORE THAN nn[n]MM
Ceniza volcánica o [deposición de ceniza volcánica]	VA [DEPO]
Tsunami	TSUNAMI
Sustancias químicas tóxicas	TOX CHEM

Productos de predicción de tormentas de área

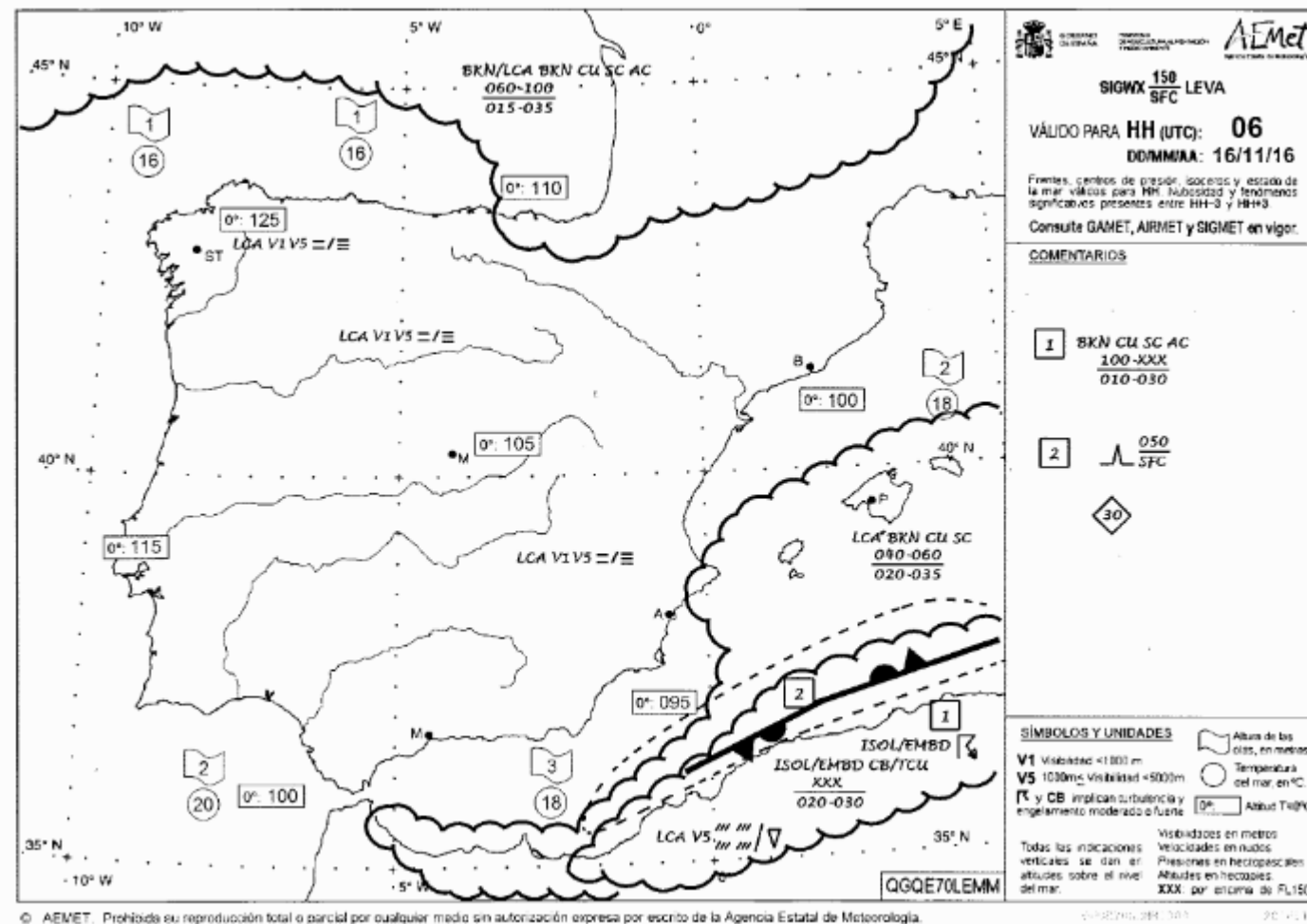
WSSP32 LEMM 101215
LECB SIGMET 2 VALID 101215/101600 LEVA-
LECB BARCELONA FIR/UIR EMBD TS OBS AT 1210Z N OF N3930 TOP FL300
MOV NE 10KT INTSF=

WASP42 LEMM 151300
LECB AIRMET 1 VALID 151520/151800 LEVA-
LECB BARCELONA FIR ISOL TS FCST WI N4247 W04021 - N4247 W01400 - N4230 W01400 -
N4230 W04021 N4247 W04021 TOP ABV 15000FT STNR WKN=




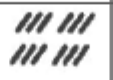




















FASP40 LEMM 312300 (encabezamiento de comunicaciones)
GCCC GAMET VALID 010300/010900 GCGC-
GCCC CANARIAS FIR SUBZONA ISLAS BLW FL150

SECN I:
SFC WIND: 03/06 NW OF SUBZONA 220/40KT
E OF SUBZONA 240/30KT
SFC VIS: 4000M RA
SIGWX: 03/06 NW OF SUBZONA OCNL TS
MT OBSC: LCA MT LA PALMA AND TEIDE
SIG CLD: 03/06 FRQ CB 040/ABV15000FT AMSL

Productos de predicción de tormentas de área



Productos de predicción de tormentas de área

TABLA 1: Símbolos de tiempo significativo			
	Tormenta		Llovizna
	Ciclón tropical		Lluvia
	Fuerte línea de turbonada		Nieve
	Turbulencia moderada		Chubasco
	Turbulencia fuerte		Granizo
	Ondas orográficas		Ventisca alta de nieve
	Engelamiento moderado en la aeronave		Calima fuerte de arena o polvo
	Engelamiento fuerte en la aeronave		Tempestad extensa de arena o polvo
	Niebla extensa		Calima extensa
	Materiales radiactivos en la atmósfera*		Neblina extensa
	Erupción volcánica**		Humo extenso
	Oscurecimiento de montañas		Precipitación engelante***

Avisos automáticos de tormentas y rayos

Avisos de rayos detectados para aeródromos (círculos de 25, 8 y 5 km)

WWSP61 NNNN DDHHMM

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

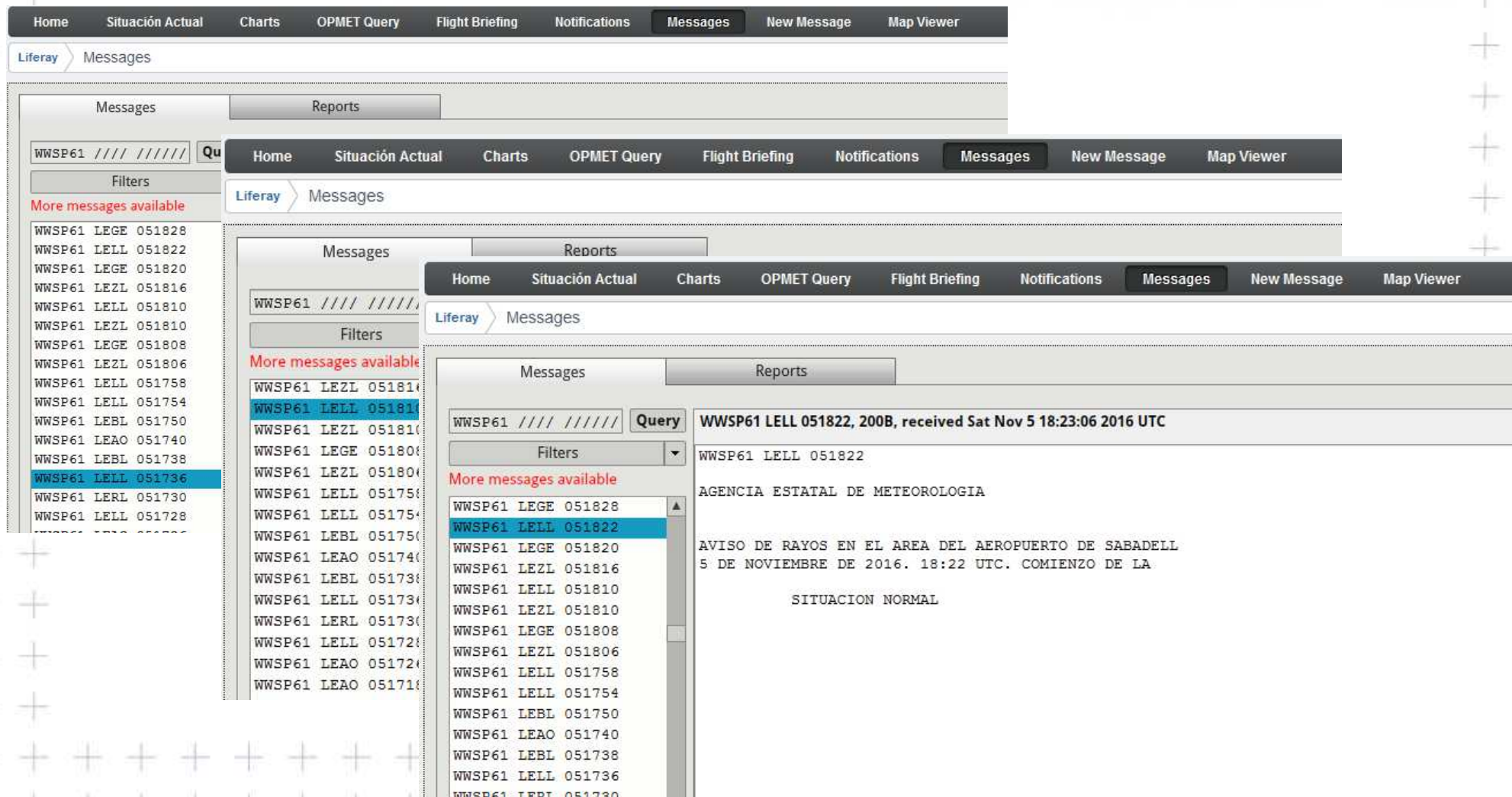
Aviso de rayos en el área del aeropuerto de NOMBREAEROPUERTO.

DD DE MMMM DE AAAA. HH:MM UTC. Comienzo del estado de TXTXTXTXTXTXT

Donde:

- WWSP61: Conjunto de caracteres que identifican el tipo de mensaje de aviso generado por parte de AEMET.
- NNNN: Indicativo OACI del aeropuerto afectado por el aviso.
- DDHHMM: día (DD), hora (HH) y minuto (MM) en que se emite el mensaje de aviso.
- NOMBREAEROPUERTO: Nombre en lenguaje claro del aeropuerto al que se refiere el mensaje de aviso.
- DD, MMMM, AAAA: Día (DD), mes (MMMM) y año (AAAA) correspondiente al mensaje generado.
- HH:MM: hora (HH) y minuto (MM) en que se ha generado el mensaje de aviso.
- TXTXTXTXTXTXT: estado en que queda el aeropuerto al emitirse este aviso.

Avisos automáticos de tormentas y rayos



The screenshot shows the AEMET website interface for viewing messages. The navigation bar at the top includes links for Home, Situación Actual, Charts, OPMET Query, Flight Briefing, Notifications, Messages, New Message, and Map Viewer. The 'Messages' section is active, showing a list of messages with filters and a detailed view of a specific message.

Messages List:

Message ID	Station	Time
WWSP61	LEGE	051828
WWSP61	LELL	051822
WWSP61	LEGE	051820
WWSP61	LEZL	051816
WWSP61	LELL	051810
WWSP61	LEZL	051810
WWSP61	LEGE	051808
WWSP61	LEZL	051806
WWSP61	LELL	051758
WWSP61	LELL	051754
WWSP61	LEBL	051750
WWSP61	LEAO	051740
WWSP61	LEBL	051738
WWSP61	LELL	051736
WWSP61	LERL	051730
WWSP61	LELL	051728

Message Details:

WWSP61 LELL 051822, 200B, received Sat Nov 5 18:23:06 2016 UTC

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA

AVISO DE RAYOS EN EL AREA DEL AEROPUERTO DE SABADELL
5 DE NOVIEMBRE DE 2016. 18:22 UTC. COMIENZO DE LA

SITUACION NORMAL

Avisos automáticos de tormentas y rayos

Avisos de tormentas previstas en la próxima media hora en un círculo de 25 km alrededor del aeródromo, basados en la extrapolación del movimiento de células convectivas o agrupamientos de rayos (No se genera si ya hay rayos detectados)

WWSP62 ACT NNNN AAMMDDHH:MM VAL 30m AAAAA MOV nn/nn

TORMENTA PREVISTA para el área del aeropuerto de NOMBREAEROPUERTO.

MENSAJE emitido a las HH:MM UYC del DD de mes de AAAA

Se detecta tormenta que posiblemente afectará a la zona del aeropuerto en los próximos xx minutos, situadas al nn, desplazándose hacia el nn

- WWSP62: Conjunto de caracteres que identifican el tipo de mensaje de aviso generado por parte de AEMET.
- ACT: caracteres para indicar el tipo de mensaje de ACTividad
- NNNN: Indicativo OACI del aeropuerto afectado por el aviso.
- AADDHH:MM año (AA), mes (MM), día (DD), hora (HH) y minuto (MM) en que se emite el mensaje de aviso.
- VAL: Caracteres para indicar el periodo de validez del mensaje
- AAAAA: Texto para indicar si hay UNA o VARIAS tormentas que puedan afectar al aeródromo
- nn/nn: Dirección respecto a los puntos de la brújula (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) para situación y desplazamiento de las células
- NOMBREAEROPUERTO: Nombre en lenguaje claro del aeropuerto al que se refiere

Avisos automáticos de tormentas y rayos

Home
Situación Actual
Charts
OPMET Query
Flight Briefing
Notifications
Messages
New Message
Map Viewer

Liferay
Messages

Messages
Reports

WWSP62
Query

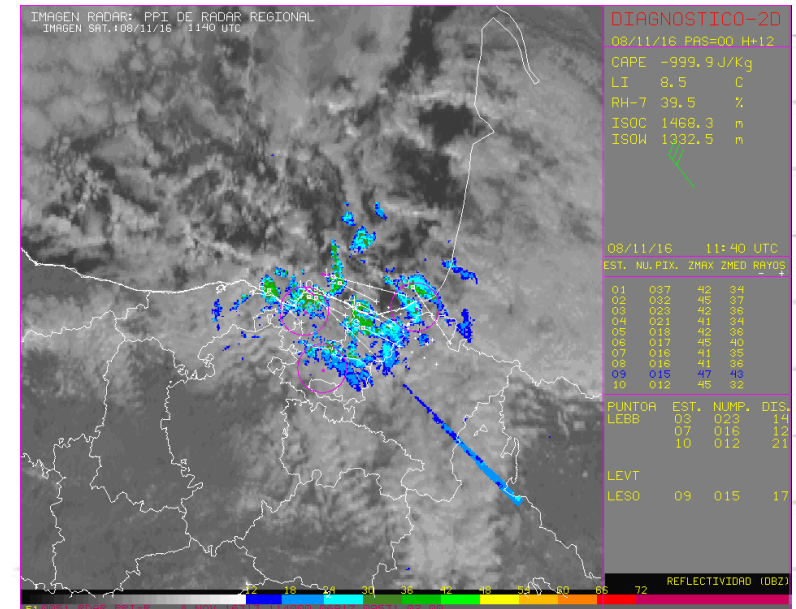
Filters

WWSP62 LESO 081144, 408B, received Tue Nov 8 11:44:36 2016 UTC
AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA

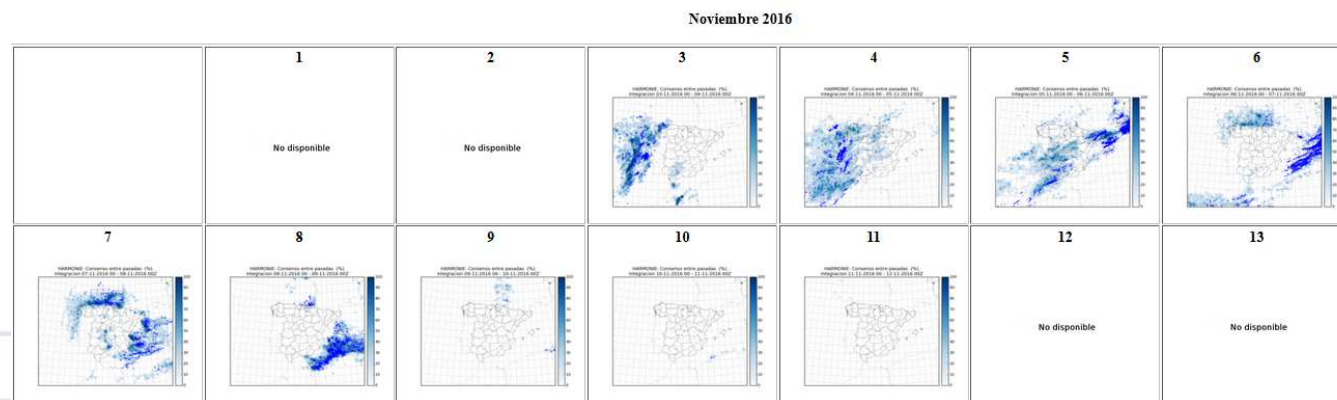
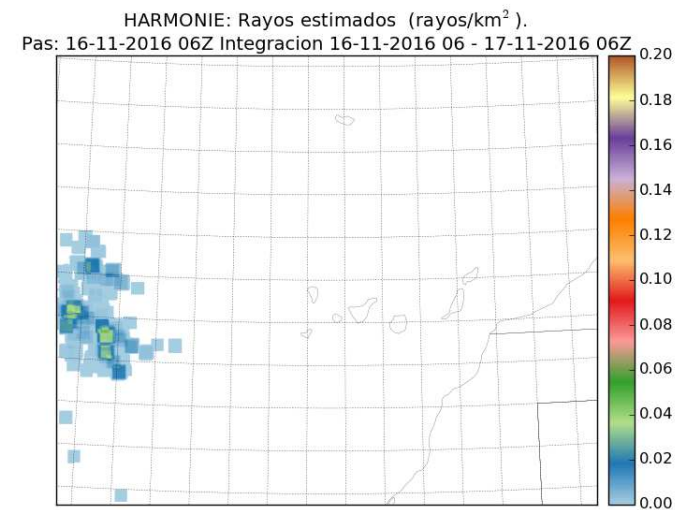
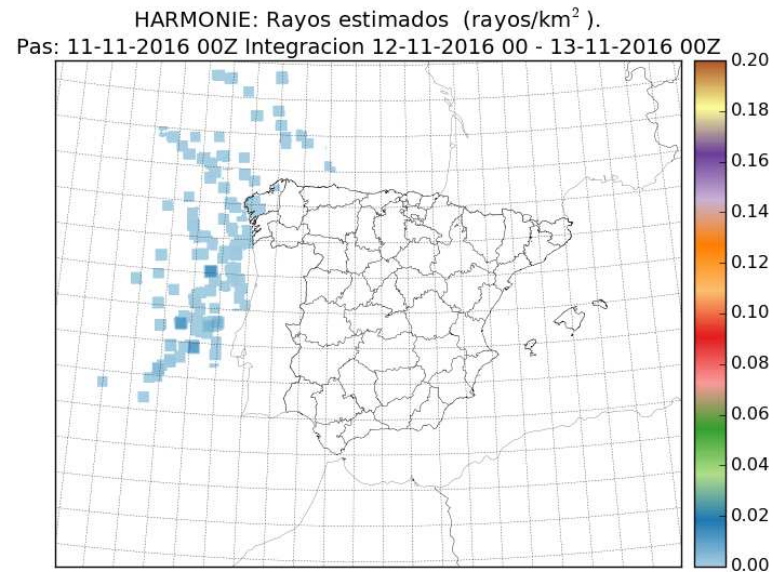
WWSP62 ACT LESO 16110811:40 VAL 20m UNA MOV SW/SW

TORMENTA PREVISTA para el area del aeropuerto de SAN SEBASTIAN
MENSAJE emitido a las 11:40 UTC del 08 de Noviembre de 2016
Se detecta tormenta que posiblemente afectara a la zona del aeropuerto en los proximos 20 minutos, situada al SW, desplazándose hacia el SW del aeropuerto.

WWSP62 LESO 052044
WWSP62 LEBB 052034
WWSP62 LESO 052034
WWSP62 LEBB 052014
WWSP62 LEBB 052004
WWSP62 LESO 052004
WWSP62 LEBB 051954
WWSP62 LEBB 051944
WWSP62 LEBB 051934
WWSP62 LEBB 051934
WWSP62 LEBB 051924
WWSP62 LESO 051914
WWSP62 LEBB 051904
WWSP62 LEBB 051854
WWSP62 LESO 051854
WWSP62 LEBB 051834
WWSP62 LEGB 051834
WWSP62 LESO 051834
WWSP62 LEBB 051824
WWSP62 LESO 051824
WWSP62 LESO 051814
WWSP62 LEBB 051804

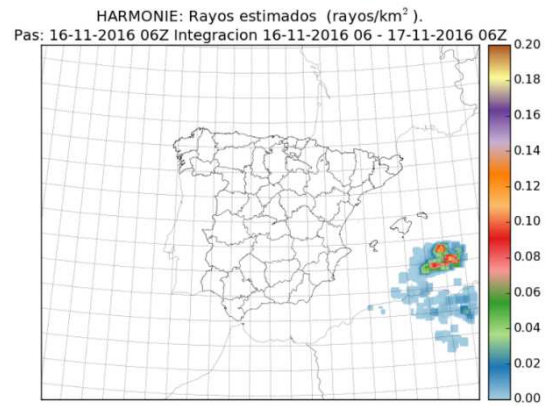


Producto experimental de rayos basados en HARMONIE



Producto experimental de rayos basados en HARMONIE

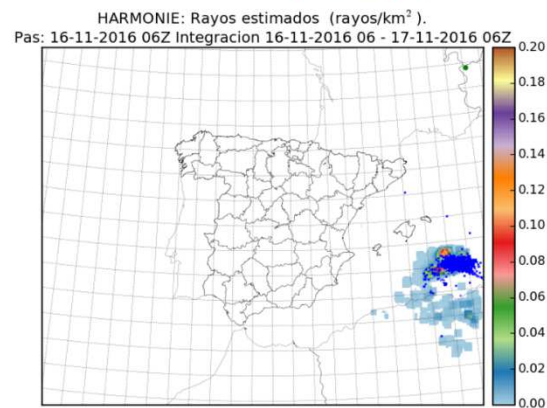
Fecha Pasada: 16/11/2016 ☐ Rayos observados (nube-tierra) hasta las 09:25 UTC de hoy



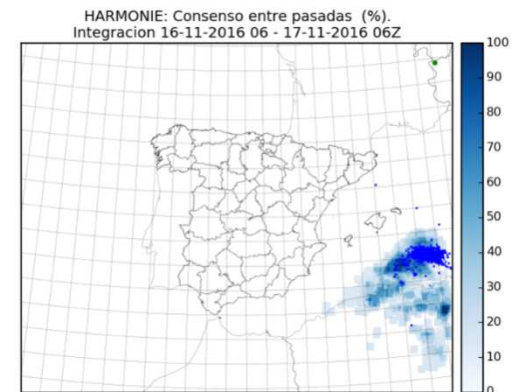
Fecha Pasada: 16/11/2016 ☐ Rayos observados (nube-tierra) hasta las 09:25 UTC de hoy



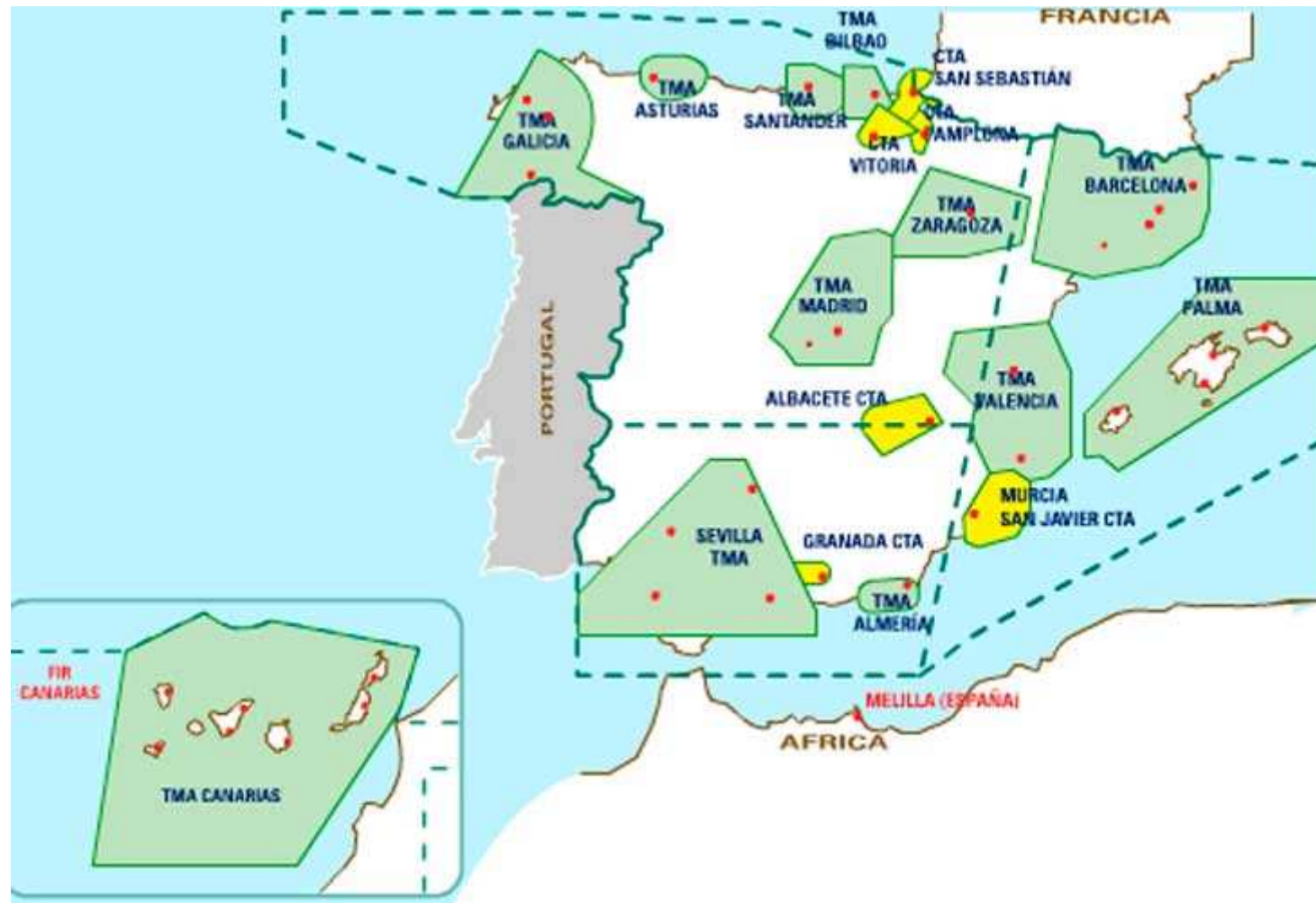
Fecha Pasada: 16/11/2016 ☒ Rayos observados (nube-tierra) hasta las 09:25 UTC de hoy



Fecha Pasada: 16/11/2016 ☒ Rayos observados (nube-tierra) hasta las 09:25 UTC de hoy



Estructura del espacio aéreo de España: TMA y CTA



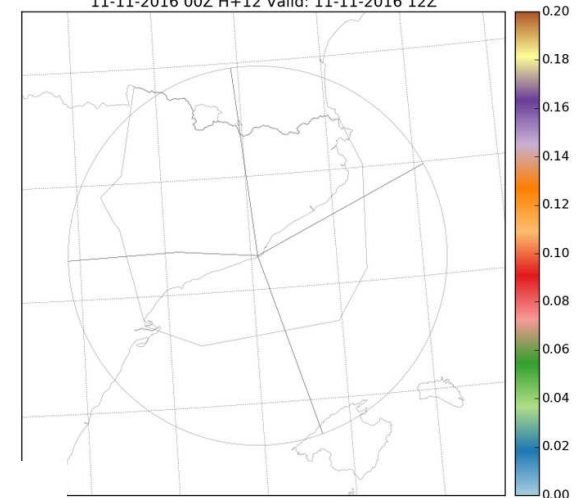
HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km²). LEMD.
16-11-2016 06Z H+5 Valid: 16-11-2016 11Z

Producto experimental de rayos basados en HARMONIE

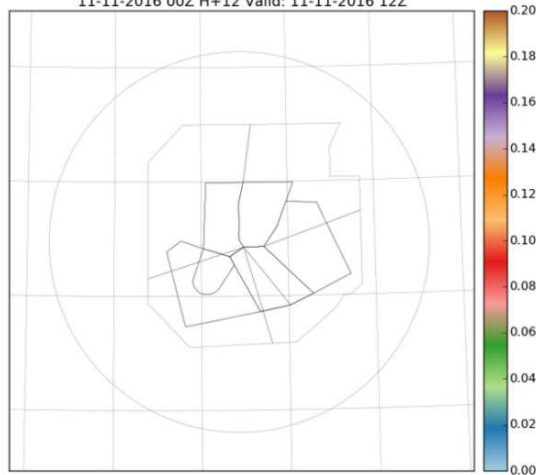
```

WWSP ACT LEBL 16051301:00 VAL 780M
LEBL WWTS 1 VALID 130100/131400
LEBL 1000/1100 PROB80 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1000/1100 TMA NE PROB80 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 TMA NE PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 TMA SE PROB40 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1100/1200 TMA NW PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 TMA NE PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 TMA SE PROB80 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1200/1300 TMA NW PROB100 TS RAYOS/HORA 10-100
LEBL 1300/1400 PROB100 TS RAYOS/HORA 100-1000
LEBL 1300/1400 TMA NE PROB100 TS RAYOS/HORA 100-1000
LEBL 1300/1400 TMA SE PROB40 TS RAYOS/HORA 100-1000
LEBL 1300/1400 TMA NW PROB100 TS RAYOS/HORA 100-1000
  
```

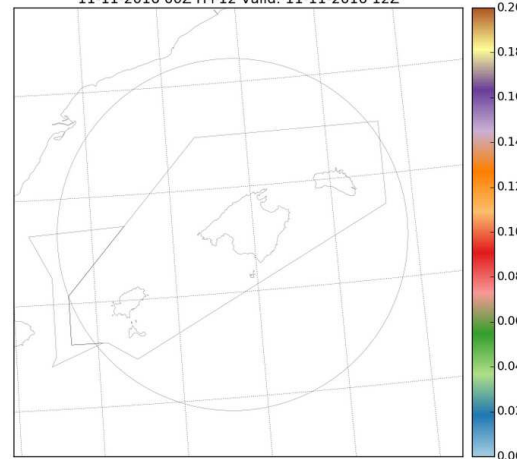
HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km²). LEBL.
11-11-2016 00Z H+12 Valid: 11-11-2016 12Z



HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km²). LEMD.
11-11-2016 00Z H+12 Valid: 11-11-2016 12Z



HARMONIE: Rayos estimados (rayos/km²). LEPA.
11-11-2016 00Z H+12 Valid: 11-11-2016 12Z





MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Agradecimientos:

- **Esteban Rodríguez Guisado (C. T. Nuevos Desarrollos en Observación)**
- **Miguel Ángel Pelacho Aja (Servicio de Aplicaciones Aeronáuticas)**
- **Ismael Sanambrosio Beirán (Unidad de E+D en la Delegación de Aragón)**